

ХАРЧЕНКО Максим<sup>1</sup>, ВИННИКОВ Юрій<sup>1</sup>, МАТЯШ Олександр<sup>1</sup>, ЗІМІН Олег<sup>2</sup>

## **ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОРУДЖЕННЯ БАГАТОВИБІЙНОЇ СВЕРДЛОВИНИ ТИПУ FISHBONE У КАРБОНАТНИХ КОЛЕКТОРАХ**

<sup>1</sup>*Кафедра буріння та геології, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 36011, м. Полтава, проспект Першотравневий, 24*

<sup>2</sup>*Кафедра нафтогазової інженерії та технологій, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 36011, м. Полтава, проспект Першотравневий, 24*

[kharchenkomo@ukr.net](mailto:kharchenkomo@ukr.net), [yunnykov@ukr.net](mailto:yunnykov@ukr.net),

**Анотація.** Обґрунтовано технологічні рішення спорудження багатовибійної свердловини типу FISHBONE у карбонатних колекторах шляхом підвищення ефективності взаємодії кожного відгалуження («голки») від материнського стовбуру з продуктивним пластом за рахунок глибокого проникнення у привибійні зони відгалужень кислотного розчину. Проникність привибійної зони кожного відгалуження стає суттєво більшою і відповідно значно підвищується загальна продуктивність багатовибійної свердловини типу FISHBONE. Межі дослідів: глибини до 5000 м; високотемпературні колектори з високою карбонатністю. Для якісної обробки привибійних зон відгалужень запропонована система рідин – рідина-носії для доставлення кислотного розчину в привибійну зону і сам кислотний розчин, який має малу в'язкість і коефіцієнт поверхневого натягу, низьку швидкість реакції, а хімічні властивості розчину забезпечують відсутність нерозчинних осадів при реакції з флюїдами та породою. Особливості дослідження – екологічно безпечна технологія спорудження свердловини типу FISHBONE.

Технології улаштування свердловин дозволяють влаштувати їх стовбури в різних геолого-технічних умовах різної траєкторії, зокрема, з горизонтальними ділянками й багатовибійної конструкції. Це дає можливість суттєво підвищити відсоток вилучення вуглеводнів із продуктивного пласта (навіть важковидобувних) і розробляти родовища зі складною будовою, в т. ч. дає можливість експлуатації свердловини з варіацією різних технологічних параметрів. Апробовано конструкції багатовибійних свердловин типу FISHBONE [1-7] для підвищення продуктивності свердловин за рахунок збільшення площі контакту між привибійною зоною та продуктивним пластом. Технологія спорудження свердловин FISHBON наразі відносно апробована на родовищах у різних гірничо-технологічних і геологічних умовах. Є дані апробації цієї технології на глибинах 5200 м. Конструкцію застосовують з великою кількістю відгалужень довжиною до 300 м.

Авторами обґрунтовано технологічні рішення спорудження багатовибійної свердловини FISHBONE у високотемпературних колекторах з високою карбонатністю на глибинах до 5000 м. При розбурюванні цих колекторів для влаштування відгалужень (так звані, «голки») від материнського стовбуру добре зарекомендувала технологія струминної ерозії різними кислотами (Fishbon Jetting, рис. 1) [3]. Авторами обґрунтовано принципи вибору конструкції (дизайну) багатовибійної свердловини FISHBONE та технологію спорудження відгалужень від материнського стовбуру, а також ефект від підвищення проникності кожного відгалуження за рахунок кислотних обробок.

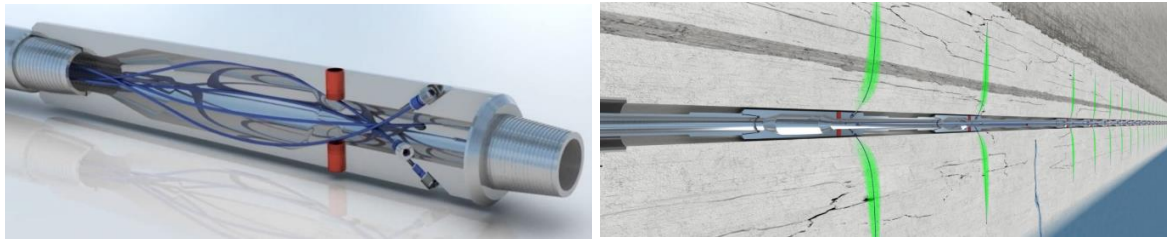


Рис.1. Обладнання і концептуальна технологія спорудження відгалужень від материнського стовбуру горизонтальної ділянки свердловини струминною ерозією Fishbone Jetting (MJST)

Підвищення ефективності кислотної обробки досягають глибоким проникненням кислотного розчину в пласт. Тому нами вирішується задача підбору ефективних рідин-носіїв, щоб досягти розчинами максимально глибоко у привибійній зоні для обробки високотемпературних колекторів з високою карбонатністю. Для забезпечення якісної обробки кислотні розчини мають малу в'язкість і коефіцієнт поверхневого натягу, низьку швидкість реакції [8-15]. Хімічні властивості забезпечують відсутність нерозчинних осадів у реакції з флюїдами та породою. Це дає можливість досягти максимального ефекту з точки зору дебітів із кожного відгалуження і відповідно підвищити продуктивність багатовибійної свердловини FISHBONE або суттєво зменшити вартість і ризику при спорудженні відгалужень за рахунок зменшення їх кількості.

Екологічна безпечність цих технологій досягається використанням кислотних розчинів на основі виключно органічних кислот: метанова кислота; етанова кислота; поверхнево-активні речовини (переважно Сольпен-10 чи аналоги); комплексоутворювач заліза ериторбат натрію (чи лимонна кислота); метилацетат – решта.

#### Використані інформаційні джерела:

- [1] Al-Rbeawi S., Artun E. (2019). Fishbone type horizontal wellbore completion: A study for pressure behavior, flow regimes, and productivity index. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. Т. 176, 172-202. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2018.12.076>
- [2] Hassan, A., Elkatatny, S. & Abdulraheem, A. (2019). Application of Artificial Intelligence Techniques to Predict the Well Productivity of Fishbone Wells. *Sustainability*. <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/21/6083/htm>
- [3] Freyer, R., Kristiansen, T.G., Madland, M.V. & Omdal, E. (2009). Multilateral system allowing 100 level 5 laterals drilled simultaneously: dream or reality? 8th European Formation Damage Conf., Scheveningen, The Netherlands, May 2009. <https://doi.org/10.2118/121814-ms>
- [4] Rice, K., Jorgensen, T. & Waters, J. (2014). First Installation of Efficient and Accurate Multilaterals Stimulation Technology in Carbonate Oil Application. SPE Eastern Regional Meeting, Charleston, WV, USA, October 2014. <https://doi.org/10.2118/171021-ms>
- [5] Torvund, S., Stene, K., Jensaas, H., Renli E., Rice, J.K. & Jorgensen, T. (2016). First Installation of Multilateral Drilling Stimulation Technology in Tight Sandstone Formation. SPE Western Regional Meeting, Anchorage, Alaska, USA, May 2016. <https://doi.org/10.2118/180390-ms>
- [6] Xing, G., Guo, F., Song, C., Sun, Y., Yu, J. & Wang, G. (2012). Fishbone Well Drilling and Completion Technology in Ultra-Thin Reservoir. IADC/SPE Asia Pacific Drilling Technology Conf. and Exhibition, Tianjin, China, July 2012. <https://doi.org/10.2118/155958-ms>
- [7] Yu, F., Huang, G., Ni, H., Nie, Z., Li, W., Li, J. & Jiang, W. (2020). Analysis of the main factors affecting bottom hole assembly Re-entry into main hole in forward drilling of fishbone wells. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 189, 107018.

- <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2020.107018>
- [8] Elkhatny, S., Mahmoud, M., Tariq, Z. & Abdulraheem, A. (2018). New insights into the prediction of heterogeneous carbonate reservoir permeability from well logs using artificial intelligence network. *Neural Comput. Appl.* 2018, 30, 2673–2683.
- [9] Rachapudi R.V., Al-Jaberi, S.S., Al Hashemi, M. & Punnapala, S. (2020). Fishbone Stimulation a Game Changer for Tight Carbonate Productivity Enhancement, Case Study of First Successful Implementation at Adnoc Onshore Fields. *Conf.: Abu Dhabi Intern. Petroleum Exhibition & Conf.* 2020.  
DOI:[10.2118/202636-MS](https://doi.org/10.2118/202636-MS) <https://www.researchgate.net/publication/346763299>
- [10] Dong, K., Zhu, D. & Hill, AD. (2018). The role of temperature on optimal conditions in dolomite acidizing: An experimental study and its applications. *Journal of petroleum science and engineering*, Vol. 165, 736–742. doi: [10.1016/j.petrol.2018.03.018](https://doi.org/10.1016/j.petrol.2018.03.018)
- [11] Chang, F.F., Nasr-El-Din, H.A., Lindvig, T. & Qiu, X.W. (2008). Matrix Acidizing of Carbonate Reservoirs Using Organic Acids and Mixture of HCl and Organic Acids SPE Annual Technical Conf. and Exhibition. Denver, Colorado, USA, Richardson, TX, USA: Society of Petroleum Engineers, 1–9.
- [12] Burton, R.C., Nozaki, M., Zwarich, N.R. & Furu, K. (2020). Improved Understanding of Acid Wormholing in Carbonate Reservoirs through Laboratory Experiments and Field Measurements. *SPE Journal*. Vol. 25, Is. 2, 587–608.  
<https://doi.org/10.2118/191625-MS>
- [13] Harris, R.E., McKay, I.D., Mbala, J.M. & Schaaf, R.P. (2001). Stimulation of a Producing Horizontal Well Using Enzymes that Generate Acid In-Situ - Case History. Paper presented at the SPE European Formation Damage Conf., The Hague.  
[doi.org/10.2118/68911-MS](https://doi.org/10.2118/68911-MS)
- [14] Зімін, О.Л., Зезекало, І.Г., Бондар, Г.М., Євдошук, М.І. (2019). Перспективи розробки ущільнених карбонатних колекторів у межах Дніпровсько-Донецької западини. *Нафтогазова галузь України*, №2, 14–18.
- [15] Zimin, O. (2021). Improvement of Acid Solutions for Stimulation of Compacted High-Temperature Carbonate Collectors (December 21, 2021). *Technology Audit and Production Reserves*, 6(3(62)), 11–14. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3994337>